

Docket No.: 50212-541

**PATENT**

**IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE**

In re Application of	:	Customer Number: 20277
	:	
Tetsufumi TSUZAKI, et al.	:	Confirmation Number:
	:	
Serial No.:	:	Group Art Unit:
	:	
Filed: September 26, 2003	:	Examiner: Unknown
	:	
For:	:	OPTICAL FIBER PRODUCT AND METHOD OF FABRICATING THEREOF, RAMAN AMPLIFIER AND METHOD OF FABRICATING THEREOF, METHOD OF FABRICATING OF OPTICAL COUPLER, AND OPTICAL TRANSMISSION LINE

**CLAIM OF PRIORITY AND  
TRANSMITTAL OF CERTIFIED PRIORITY DOCUMENT**

Mail Stop CPD  
Commissioner for Patents  
P.O. Box 1450  
Alexandria, VA 22313-1450

Sir:


In accordance with the provisions of 35 U.S.C. 119, Applicants hereby claim the priority of:

**Japanese Patent Application No. 2002-281472, filed September 26, 2002**

cited in the Declaration of the present application. A certified copy is submitted herewith.

Respectfully submitted,

MCDERMOTT, WILL & EMERY

  
Arthur J. Steiner  
Registration No. 26,106

600 13<sup>th</sup> Street, N.W.  
Washington, DC 20005-3096  
(202) 756-8000 AJS:tlb  
Facsimile: (202) 756-8087  
**Date: September 26, 2003**

50212-541  
TSUZAKI et al.  
September 26, 2003

日 本 国 特 許 庁  
JAPAN PATENT OFFICE

*McDermott, Will & Emery*

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日                      2 0 0 2 年    9 月 2 6 日  
Date of Application:

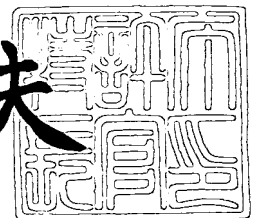
出 願 番 号                      特 願 2 0 0 2 - 2 8 1 4 7 2  
Application Number:  
[ST. 10/C]:                      [ J P 2 0 0 2 - 2 8 1 4 7 2 ]

出      願      人                      住 友 電 気 工 業 株 式 会 社  
Applicant(s):

2 0 0 3 年    7 月 2 9 日

特許庁長官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

今 井 康 夫



出証番号    出証特 2 0 0 3 - 3 0 6 0 3 4 7

【書類名】 特許願

【整理番号】 102Y0454

【提出日】 平成14年 9月26日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 G02B 6/00  
G02B 6/24  
H01S 3/00

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県横浜市栄区田谷町 1 番地 住友電気工業株式会  
社横浜製作所内

【氏名】 津崎 哲文

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県横浜市栄区田谷町 1 番地 住友電気工業株式会  
社横浜製作所内

【氏名】 石川 真二

【特許出願人】

【識別番号】 000002130

【氏名又は名称】 住友電気工業株式会社

【代理人】

【識別番号】 100088155

【弁理士】

【氏名又は名称】 長谷川 芳樹

【選任した代理人】

【識別番号】 100089978

【弁理士】

【氏名又は名称】 塩田 辰也

## 【選任した代理人】

【識別番号】 100092657

【弁理士】

【氏名又は名称】 寺崎 史朗

## 【選任した代理人】

【識別番号】 100110582

【弁理士】

【氏名又は名称】 柴田 昌聰

## 【手数料の表示】

【予納台帳番号】 014708

【納付金額】 21,000円

## 【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 0106993

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 光ファイバの製造方法、ラマンアンプの製造方法、ラマンアンプ及び光カプラの製造方法

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 波長  $1.38\ \mu\text{m}$  を含む帯域の光を導波する光ファイバを加熱して前記光ファイバのモードフィールド径を拡大処理する際に、構成元素として純水素を含む燃料を使用しない加熱源により前記光ファイバを加熱することを特徴とする光ファイバの製造方法。

【請求項 2】 前記加熱源として、重水素と酸素とを混合燃焼するトーチ、ヒータ、レーザのいずれかを用いることを特徴とする請求項 1 記載の光ファイバの製造方法。

【請求項 3】 線引き後の光ファイバを加熱する際に、重水素と酸素とを混合燃焼するトーチを用いて前記光ファイバを加熱することを特徴とする光ファイバの製造方法。

【請求項 4】 前記光ファイバの加熱処理を、2 本の光ファイバを融着接続する前または 2 本の光ファイバを融着接続した後に行うことを特徴とする請求項 3 記載の光ファイバの製造方法。

【請求項 5】 前記光ファイバの加熱処理を、波長  $1.38\ \mu\text{m}$  を含む帯域の光を導波する光ファイバを加熱して前記光ファイバのモードフィールド径を拡大処理する際に行うことを特徴とする請求項 3 記載の光ファイバの製造方法。

【請求項 6】 波長  $1.38\ \mu\text{m}$  を含む帯域の光を導波する光伝送用光ファイバの端面と、前記光伝送用光ファイバよりも小さいモードフィールド径を有し波長  $1.38\ \mu\text{m}$  を含む帯域の光を導波する光増幅用光ファイバの端面とを融着接続する工程と、

構成元素として純水素を含む燃料を使用しない加熱源により前記光増幅用光ファイバの端部を加熱して、前記光増幅用光ファイバの端部のモードフィールド径を拡大処理する工程とを含むことを特徴とするラマンアンプの製造方法。

【請求項 7】 前記加熱源として、重水素と酸素とを混合燃焼するトーチ、ヒータ、レーザのいずれかを用いることを特徴とする請求項 6 記載のラマンアン

プの製造方法。

【請求項 8】 波長  $1.38\mu\text{m}$  を含む帯域の光を導波する光伝送用光ファイバと、前記光伝送用光ファイバよりも小さいモードフィールド径を有し波長  $1.38\mu\text{m}$  を含む帯域の光を導波する光増幅用光ファイバとを備え、

前記光伝送用光ファイバの端面と前記光増幅用光ファイバの端面とを融着接続すると共に、構成元素として純水素を含む燃料を使用しない加熱源により前記光増幅用光ファイバの端部を加熱して、前記光増幅用光ファイバの端部のモードフィールド径を拡大処理したことを特徴とするラマンアンプ。

【請求項 9】 重水素と酸素とを混合燃焼するトーチを用いて 2 本の光ファイバを加熱・融着することにより光カプラを形成することを特徴とする光カプラの製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、光通信システム等を使用される光ファイバの製造方法、ラマンアンプの製造方法、ラマンアンプ及び光カプラの製造方法に関するものである。

【0002】

【従来の技術】

従来、光ファイバを加熱処理する方法としては、酸素と水素を含むガスとを混合燃焼させることにより加熱するものが知られている（例えば、非特許文献 1 参照）。

【0003】

【非特許文献 1】

"OH absorption-induced loss in tapered singlemode optical fiber" ELECTRONICS LETTERS 28th February 2002 Vol.38 No.5p214-215

【0004】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、上記の非特許文献 1 にも記載されているが、酸素と水素を含むガスとを混合燃焼させると、OH 基の吸収によって波長  $1.38\mu\text{m}$  付近の損失

が増大してしまう。

#### 【0005】

本発明の目的は、OH基の吸収に起因する波長 $1.38\mu\text{m}$ 付近の損失を低減することができる光ファイバの製造方法、ラマンアンプの製造方法、ラマンアンプ及び光カプラの製造方法を提供することである。

#### 【0006】

##### 【課題を解決するための手段】

本発明に係る光ファイバの製造方法は、波長 $1.38\mu\text{m}$ を含む帯域（1370～1410nm）の光を導波する光ファイバを加熱して光ファイバのモードフィールド径を拡大処理する際に、構成元素として純水素を含む燃料を使用しない加熱源により光ファイバを加熱することを特徴とするものである。

#### 【0007】

例えばモードフィールド径の異なる2本の光ファイバの端面同士を融着接続する場合には、接続損失を低減するために、モードフィールド径が小さい方の光ファイバの端部を加熱してモードフィールド径を拡大させることがある。このとき、構成元素として純水素を含む燃料を使用しない加熱源により光ファイバを加熱することにより、光ファイバの加熱過程において $\text{H}_2\text{O}$ が発生することはほとんど無い。従って、光ファイバ内に $\text{H}_2\text{O}$ が拡散することによるOH基の吸収が抑えられるため、OH基の吸収に起因した波長 $1.38\mu\text{m}$ 付近の損失を低減することができる。

#### 【0008】

好ましくは、加熱源として、重水素と酸素とを混合燃焼するトーチ、ヒータ、レーザのいずれかをを用いる。これにより、構成元素として純水素を含む燃料を使用しなくても確実に光ファイバを加熱することができる。

#### 【0009】

また、本発明に係る光ファイバの製造方法は、線引き後の光ファイバを加熱する際に、重水素と酸素とを混合燃焼するトーチを用いて光ファイバを加熱することを特徴とするものである。

#### 【0010】

このように重水素と酸素とを混合燃焼するトーチを用いて線引き後の光ファイバを加熱することにより、光ファイバの加熱過程において $H_2O$ が発生することはほとんど無い。従って、光ファイバ内に $H_2O$ が拡散することによるOH基の吸収が抑えられるため、OH基の吸収に起因した波長 $1.38\mu m$ 付近の損失を低減することができる。

#### 【0011】

好ましくは、上記の光ファイバの加熱処理を、2本の光ファイバを融着接続する前または2本の光ファイバを融着接続した後に行う。例えばモードフィールド径の異なる2本の光ファイバの端面同士を接続する際に、モードフィールド径が小さい方の光ファイバの端部を上記のように加熱してモードフィールド径を拡大させることで、接続損失を低減することができる。

#### 【0012】

また、好ましくは、上記の光ファイバの加熱処理を、波長 $1.38\mu m$ を含む帯域の光を導波する光ファイバを加熱して光ファイバのモードフィールド径を拡大処理する際に行う。例えばモードフィールド径の異なる2本の光ファイバの端面同士を接続する際に、モードフィールド径が小さい方の光ファイバの端部を上記のように加熱してモードフィールド径を拡大させることで、接続損失を低減することができる。

#### 【0013】

本発明に係るラマンアンプの製造方法は、波長 $1.38\mu m$ を含む帯域の光を導波する光伝送用光ファイバの端面と、光伝送用光ファイバよりも小さいモードフィールド径を有し波長 $1.38\mu m$ を含む帯域の光を導波する光増幅用光ファイバの端面とを融着接続する工程と、構成元素として純水素を含む燃料を使用しない加熱源により光増幅用光ファイバの端部を加熱して、光増幅用光ファイバの端部のモードフィールド径を拡大処理する工程とを含むことを特徴とするものである。

#### 【0014】

このように構成元素として純水素を含む燃料を使用しない加熱源により光増幅用光ファイバの端部を加熱することにより、光増幅用光ファイバの加熱過程にお



いて $\text{H}_2\text{O}$ が発生することはほとんど無い。従って、光増幅用光ファイバ内に $\text{H}_2\text{O}$ が拡散することによる $\text{OH}$ 基の吸収が抑えられるため、 $\text{OH}$ 基の吸収に起因した波長 $1.38\mu\text{m}$ 付近の損失を低減することができる。

#### 【0015】

好ましくは、加熱源として、重水素と酸素とを混合燃焼するトーチ、ヒータ、レーザのいずれかを用いる。これにより、構成元素として純水素を含む燃料を使用しなくても確実に光ファイバを加熱することができる。

#### 【0016】

本発明に係るラマンアンプは、波長 $1.38\mu\text{m}$ を含む帯域の光を導波する光伝送用光ファイバと、光伝送用光ファイバよりも小さいモードフィールド径を有し波長 $1.38\mu\text{m}$ を含む帯域の光を導波する光増幅用光ファイバとを備え、光伝送用光ファイバの端面と光増幅用光ファイバの端面とを融着接続すると共に、構成元素として純水素を含む燃料を使用しない加熱源により光増幅用光ファイバの端部を加熱して、光増幅用光ファイバの端部のモードフィールド径を拡大処理したことを特徴とするものである。

#### 【0017】

このようなラマンアンプを製造する際に、構成元素として純水素を含む燃料を使用しない加熱源により光増幅用光ファイバの端部を加熱することにより、光増幅用光ファイバの加熱過程において $\text{H}_2\text{O}$ が発生することはほとんど無い。従って、光増幅用光ファイバ内に $\text{H}_2\text{O}$ が拡散することによる $\text{OH}$ 基の吸収が抑えられるため、 $\text{OH}$ 基の吸収に起因した波長 $1.38\mu\text{m}$ 付近の損失を低減することができる。

#### 【0018】

本発明に係る光カプラの製造方法は、重水素と酸素とを混合燃焼するトーチを用いて2本の光ファイバを加熱・融着することにより光カプラを形成することを特徴とするものである。

#### 【0019】

このように重水素と酸素とを混合燃焼するトーチを用いて2本の光ファイバを加熱することにより、光ファイバの加熱過程において $\text{H}_2\text{O}$ が発生することはほ

とんど無い。従って、光ファイバ内にH<sub>2</sub>Oが拡散することによるOH基の吸収が抑えられるため、OH基の吸収に起因した波長1.38  $\mu$ m付近の損失を低減することができる。

#### 【0020】

##### 【発明の実施の形態】

以下、本発明に係る光ファイバの製造方法、ラマンアンプの製造方法、ラマンアンプ及び光カプラの製造方法の好適な実施形態について図面を参照して説明する。

#### 【0021】

図1は、本発明に係るラマンアンプの一実施形態を示す概略構成図である。同図において、本実施形態のラマンアンプ1は、Sバンド（波長1460nm～1530nm）を利用した波長多重分割（WDM：Wavelength Division Multiplexing）伝送システムに使用されるものである。

#### 【0022】

ラマンアンプ1は、光伝送用光ファイバ2、3及び光増幅用光ファイバ4を有し、光伝送用光ファイバ2、3の端面と光増幅用光ファイバ4の端面とは融着接続されている。光増幅用光ファイバ4は、励起光（後述）が供給されることで、光伝送用光ファイバ2からの信号光をラマン増幅して光伝送用光ファイバ3に出力する。

#### 【0023】

図2に示すように、光増幅用光ファイバ4のコア4aの径（モードフィールド径）は、光伝送用光ファイバ2、3のコア2a、3aよりも小さくなっており、これにより光のパワー密度を増大させてラマン増幅を効率良く行うことができる。また、光伝送用光ファイバ2、3と光増幅用光ファイバ4との接続部分である融着接続部5においては、光ファイバの接続損失を低減させるべく、光増幅用光ファイバ4のコア4aの径をテーパ状に拡大させて、光伝送用光ファイバ2、3のコア2a、3aの径とほぼ等しくなる様にしている。

#### 【0024】

光伝送用光ファイバ2には、光増幅用光ファイバ4に向かう方向にのみ光を通

過させる光アイソレータ 6 が接続されている。また、光伝送用光ファイバ 3 には光カップラ 7 が接続されている。この光カップラ 7 には、励起光導入用光ファイバ 8 を介して光合波器 9 が接続され、この光合波器 9 には、複数の励起光源 10 が接続されている。

#### 【0025】

これらの励起光源 10 は、信号光を光増幅させるための複数の波長帯域の励起光を発生させるものであり、励起光源 10 の一つは  $1.38\mu\text{m}$  帯の励起光を発生させる。光合波器 9 は、各励起光源 10 で発生した複数の励起光を合波して、光カップラ 7 に出力する。光カップラ 7 は、光増幅用光ファイバ 4 からの信号光をスルーさせると共に、光合波器 9 で合波した励起光を光増幅用光ファイバ 4 に供給する。

#### 【0026】

このようなラマンアンプ 1 において、複数の励起光源 10 で発生した各波長帯域の励起光は、光合波器 9 により合波され、光カップラ 7 を介して光増幅用光ファイバ 4 に供給される。一方、光伝送用光ファイバ 2 からの信号光は、光増幅用光ファイバ 4 において励起光によってラマン増幅された状態で、光カップラ 7 を介して出力される。

#### 【0027】

次に、上記のラマンアンプ 1 を製造する方法について説明する。図 3 に、光伝送用光ファイバ 2, 3 と光増幅用光ファイバ 4 とを接続する工程を示す。

#### 【0028】

同図において、まず光伝送用光ファイバ 2, 3 の端面と光増幅用光ファイバ 4 の端面とを突き合わせる（図 3 (a)）。その状態で、融着接続機の放電部 11 によりアーク放電を起こし、光伝送用光ファイバ 2, 3 の端面と光増幅用光ファイバ 4 の端面とを融着接続する（図 3 (b)）。

#### 【0029】

続いて、加熱源 12 により光増幅用光ファイバ 4 の両端部を加熱し、光増幅用光ファイバ 4 のコア 4a の径（モードフィールド径）を拡大させる（図 3 (c)）。このとき、例えば互いに融着接続された光ファイバ 2～4 の一端から光ファ

イバ2～4に光を入射させ、光ファイバ2～4の反対側から出射される光のパワーをモニタしながら、光増幅用光ファイバ4のモードフィールド径の拡大処理を行う。

#### 【0030】

加熱源12としては、好ましくは重水素( $D_2$ )と酸素とを混合燃焼するトーチを用いる。このとき、重水( $D_2O$ )を電気分解して重水素と酸素とを生成し、これを利用して炎を発生させても良く、あるいは重水素と酸素とを別々に用意しても良い。

#### 【0031】

ところで、重水素でない通常の水素(純水素という)を含むガス(例えば純水素自体やメタン、プロパン等の有機系燃料)と酸素とを混合燃焼させて光ファイバを加熱した場合には、燃焼工程で発生する $H_2O$ が光ファイバの内部に拡散することにより、図4に示すように、OH基の吸収帯域である波長 $1.38\mu m$ 帯の損失が増大する。なお、図4には、加熱条件が異なる3つの特性が示されている。波長 $1.38\mu m$ 帯は、Sバンド(波長 $1460nm\sim 1530nm$ )を利用したWDM伝送を行う際に、ラマン増幅の励起光帯域に一致するため、波長 $1.38\mu m$ 帯での損失増加は、結果としてラマン増幅の効率を下げてしまう。

#### 【0032】

これに対し本実施形態では、重水素と酸素とを混合燃焼させて光増幅用光ファイバ4の端部を加熱するので、燃焼加熱時に $H_2$ 及び $H_2O$ が発生することはほとんど無い。このため、OH基の吸収による波長 $1.38\mu m$ 帯での損失(吸収損失)が低減される。従って、上記のラマンアンプ1において、信号光のラマン増幅が効果的に行える。なお、OD基の吸収損失は、波長 $1.87\mu m$ 付近にピークがあるため、光通信に影響は無い。

#### 【0033】

また、加熱源12としては、重水素と酸素とを混合燃焼するトーチの他に、 $CO_2$ レーザ等のレーザや、電熱ヒータ等のヒータを使用しても良い。これらの加熱源12も、構成元素として純水素を含む燃料を使用しないものであるため、燃焼過程で $H_2$ 及び $H_2O$ が発生することは無く、これにより波長 $1.38\mu m$ 帯に

おける吸収損失を確実に低減することができる。

#### 【0034】

なお、光伝送用光ファイバ2、3と光増幅用光ファイバ4との接続工程においては、加熱源12により光増幅用光ファイバ4の両端部を加熱して、光増幅用光ファイバ4の両端部のモードフィールド径を拡大した後に、光伝送用光ファイバ2、3と光増幅用光ファイバ4とを融着接続してもよい。

#### 【0035】

また、光カプラ7を形成する場合は、図5に示すように、加熱源13により光伝送用光ファイバ3と励起光導入用光ファイバ8とを溶融延伸して融着する。加熱源13としては、上記の重水素と酸素とを混合燃焼するトーチを使用する。従って、この場合にも、光ファイバ3、8を加熱させた時に $H_2O$ が発生することはほとんど無いため、OH基の吸収に起因した波長1.38 $\mu m$ 帯での損失が低減される。

#### 【0036】

なお、本発明は、上記実施形態に限定されるものではない。例えば、重水素と酸素とを混合燃焼するトーチを用いた光ファイバの加熱処理は、上記実施形態のように光ファイバのモードフィールド径を拡大する場合や、光カプラを製造する場合に限らず、光ファイバの製造工程において線引き後の光ファイバを加熱する場合に、いつでも行うことができる。

#### 【0037】

##### 【発明の効果】

本発明によれば、構成元素として純水素を含む燃料を使用しない加熱源、例えば重水素と酸素とを混合燃焼するトーチにより光ファイバを加熱するので、OH基の吸収に起因する波長1.38 $\mu m$ 付近の損失を低減することができる。

##### 【図面の簡単な説明】

##### 【図1】

本発明に係るラマンアンプの一実施形態を示す概略構成図である。

##### 【図2】

図1に示す光伝送用光ファイバ及び光増幅用光ファイバの断面図である。

**【図 3】**

図 2 に示す光伝送用光ファイバと光増幅用光ファイバとの接続工程を示す図である。

**【図 4】**

純水素を含むガスと酸素とを混合燃焼させて光ファイバを加熱した場合における光ファイバの接続損失の一例を示した図である。

**【図 5】**

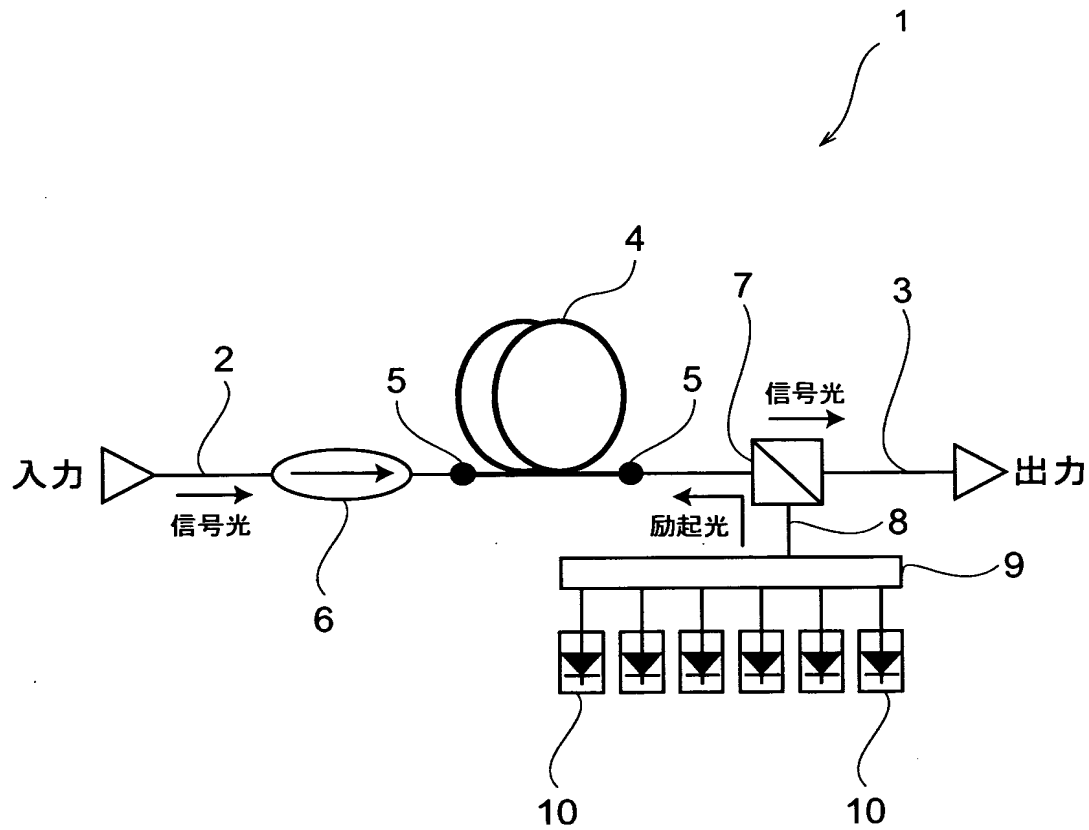
図 1 に示す光カプラを形成する方法を示す図である。

**【符号の説明】**

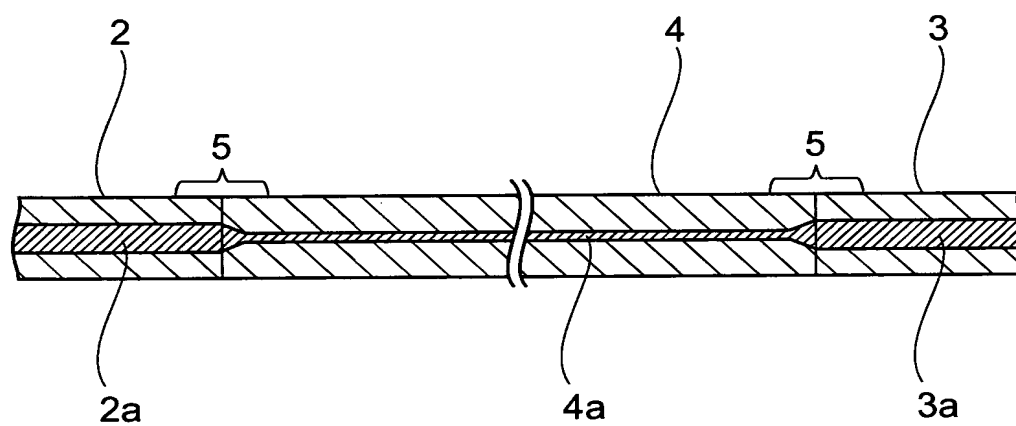
1…ラマンアンプ、2, 3…光伝送用光ファイバ、4…光増幅用光ファイバ、  
4 a…コア、7…光カプラ、8…励起光導入用光ファイバ、1 2…加熱源、1 3  
…加熱源。

【書類名】 図面

【図 1】

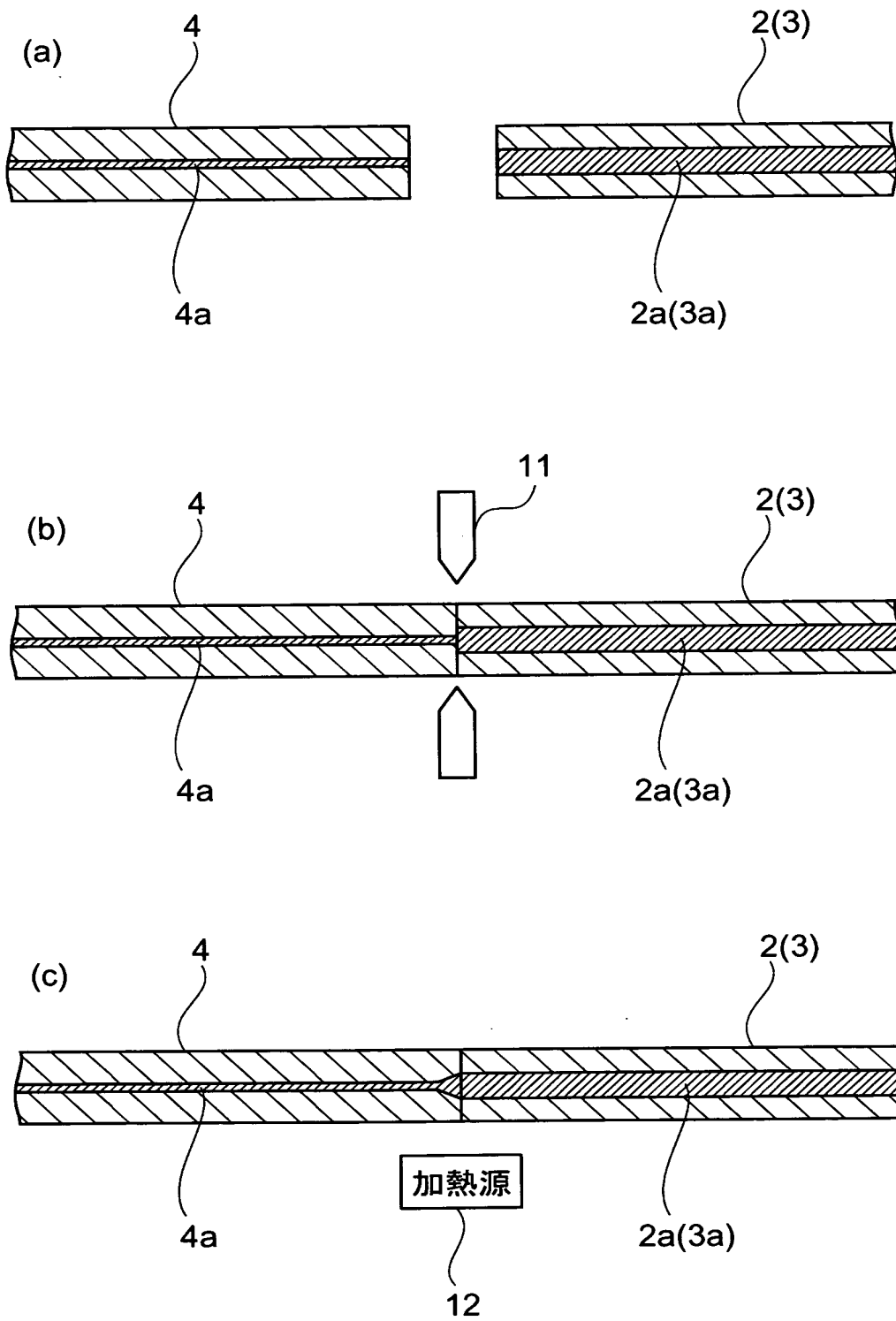


【図 2】

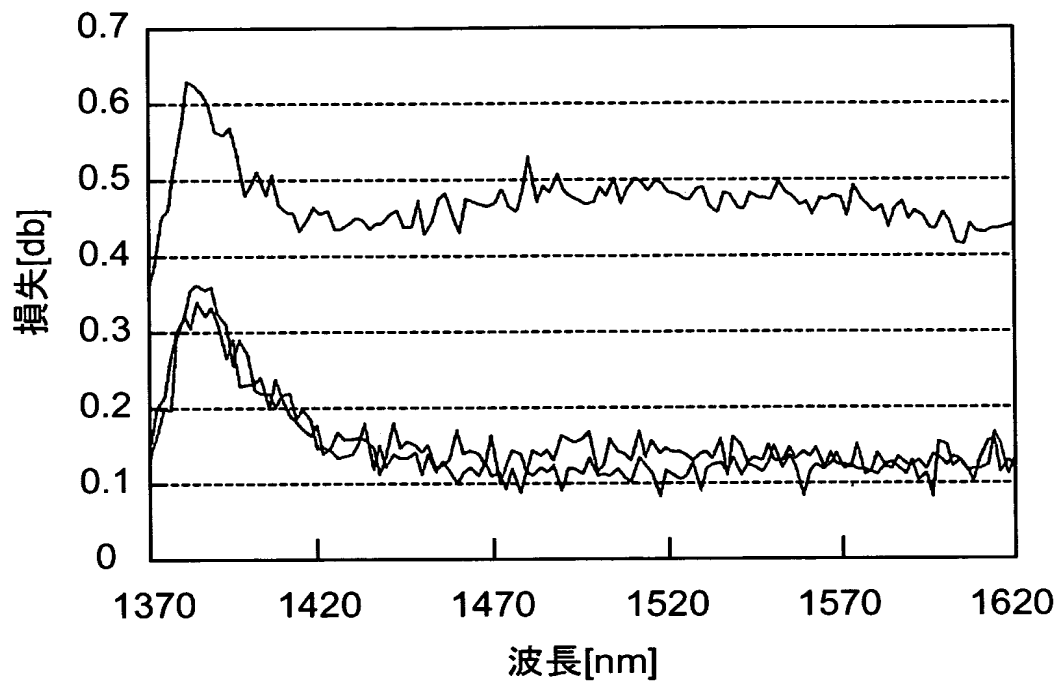




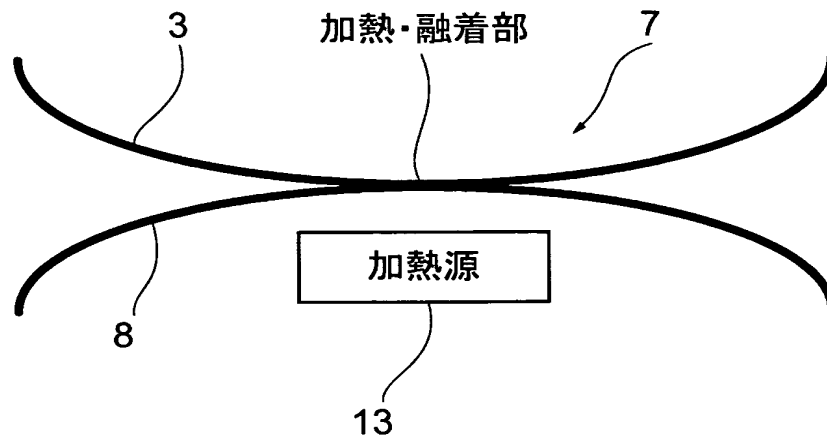
【図 3】



【図 4】



【図 5】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 OH基の吸収に起因する波長1.38  $\mu$ m付近の損失を低減することができる光ファイバの製造方法、ラマンアンプの製造方法、ラマンアンプ及び光カプラの製造方法を提供する。

【解決手段】 光伝送用光ファイバ2, 3と光増幅用光ファイバ4とを接続する場合、まず融着接続機の放電部11により光伝送用光ファイバ2, 3の端面と光増幅用光ファイバ4の端面とを融着接続する。続いて、加熱源12により光増幅用光ファイバ4の両端部を加熱し、光増幅用光ファイバ4のコア4aの径（モードフィールド径）を拡大させる。加熱源12としては、重水素（D<sub>2</sub>）と酸素とを混合燃焼するトーチ、CO<sub>2</sub>レーザ等のレーザ、電熱ヒータ等のヒータのいずれかを使用する。

【選択図】 図3

特願 2 0 0 2 - 2 8 1 4 7 2

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[ 0 0 0 0 0 2 1 3 0 ]

1 . 変 更 年 月 日

1 9 9 0 年    8 月 2 9 日

[ 変 更 理 由 ]

新 規 登 録

住    所

大 阪 府 大 阪 市 中 央 区 北 浜 四 丁 目 5 番 3 3 号

氏    名

住 友 電 気 工 業 株 式 会 社